1. GEOLOGÍA

1.1. GEOLOGÍA REGIONAL

Tomando como referencia la plancha 87 (Nomenclatura del instituto Geográfico Agustín Codazzi) ubicada en el centro del Departamento de Norte de Santander, en el costado este de la Cordillera Oriental haciendo parte del Macizo de Santander y del sector sur de la Cuenca de Catatumbo (Figura 1). Ochoa, A. et al. (2016). Cartografía geológica de la plancha 87.

Geológicamente la zona de estudio se encuentra sobre la Formación Los Cuervos, la cual es limitada por una falla regional de orientación NE-SW de tipo inverso, denominada Falla Aguardiente. La zona de estudio reposa sobre el flanco occidental de una estructura compresiva denominada Sinclinal del Zulia, allí infrayacente a la Formación Los Cuervos tenemos la Formación Barco, y suprayaciendo la Formación Los Cuervos tenemos la Formación Mirador. Se observa que el esfuerzo principal σ1 tiene una incidencia compresional en orientación NW-SE, lo que da como resultado la orientación del Sinclinal Zulia.

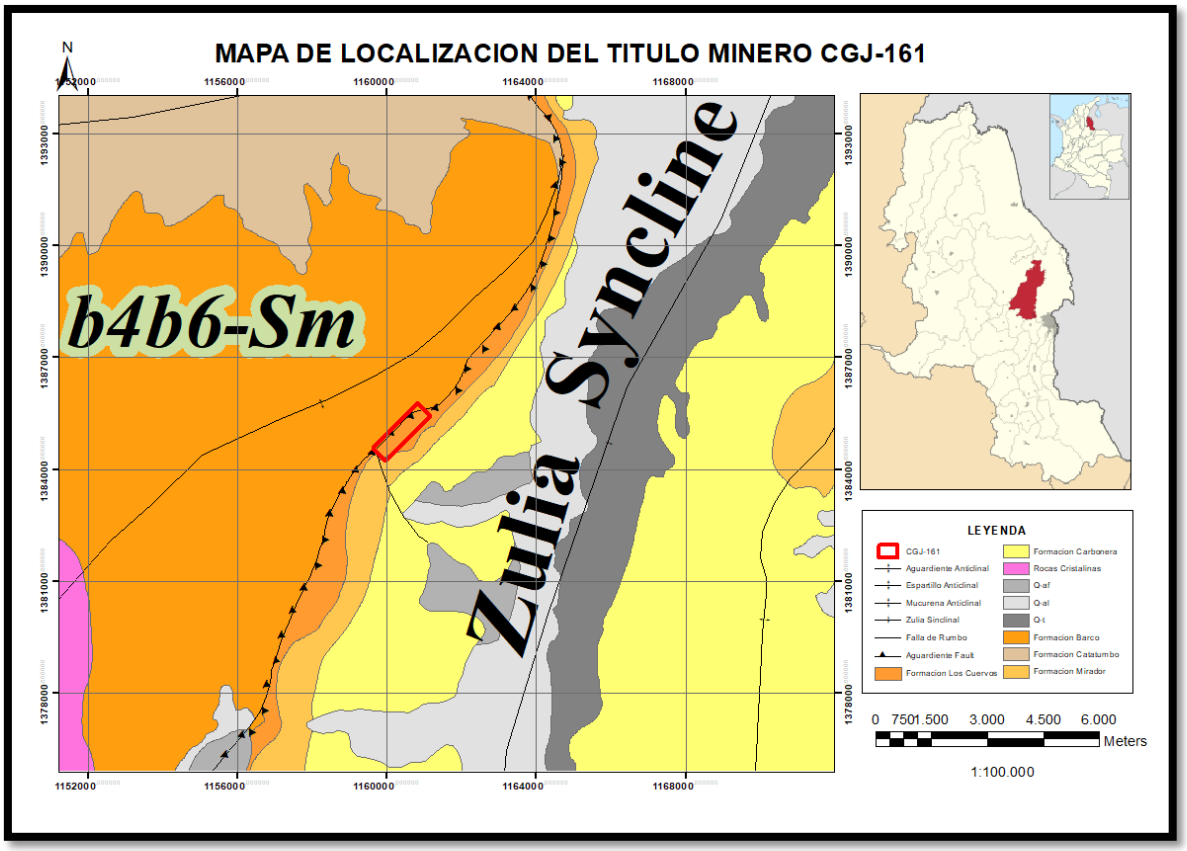

Figura 1. Mapa geológico regional de la mina Fortaleza 5 (Modificado de SGC, 2016).

1.1.1. ESTRATIGRAFÍA

A escala regional en el sector de la vereda El Mestizo se encuentran unidades cenozoicas correspondientes a la cuenca del Catatumbo.

Rocas del Paleoceno (Tp)

1.1.1.1. FORMACIÓN CATATUMBO

Notestein et al. (1944), define y publica el nombre Formación Catatumbo designando esta como la unidad Inferior del Grupo Orocué de la Concesión Barco (frontera Colombo Venezolana). Sutton (1946), propone ampliar la existencia de dicha unidad, a las áreas orientales de los estados de Táchira y Zulia, en el suroeste del Táchira, Trump y Salvador (1964) consideran la Formación Catatumbo como un miembro de la secuencia Colon – Mito Juan, debido a que esta es cartografiable solo de manera local.

Los afloramientos más destacados de la Formación Catatumbo se reportan en la vía El Zulia – Sardinata, tomando desvió hacia el norte, alto de Angelita y Cañaverales y en el municipio de Santiago, carretera El Zulia – Santiago, antes de arribar al sector de La Reforma.

En la zona de estudio la Formación Catatumbo se encuentra cartografiada en afloramientos con pendientes suaves a moderadas, con espesores expuestos de entre 2 a 20 m. Como características litológicas en general se caracterizan intercalaciones de lodolitas, lodolitas arenosas y arenitas lodosas con presencia de fragmentos de materia orgánica y carbón.

1.1.1.2 FORMACIÓN BARCO

Notestein et al. (1944), define y publica el termino Formación Barco; tomando el nombre de la sección tipo localizada en el flanco este del anticlinal Petrolera en la Sierra Barco, Departamento de Norte de Santander.

Se reporta para la zona de estudio los mejores afloramientos de la Formación Barco, sobre la vía El Zulia – Sardinata, en la quebrada La Jabonosa, vereda Mirador, La Aurora, El Olvido y el sector cerro Los Corrales y Tienditas. En la vía Sardinata a la mina Caldacia 2, quebrada Chácara.

La Formación Barco en el área de estudio es caracterizada en afloramientos de alta pendiente. Para esta zona no se reporta la ocurrencia de deslizamientos o fenómenos de remoción en masa, los afloramientos exhiben alturas de hasta 30 metros. Litológicamente la Formación Barco sintetiza la presencia de litoarenitas y

arenitas cuarzosas de grano fino intercaladas con lodolitas arenosas y lodolitas de coloración gris, con ocasional presencia de nódulos ferruginosos.

1.1.1.3 FORMACIÓN LOS CUERVOS

La Formación Los Cuervos es definida por Notestein et al. (1944), quien limita como sección tipo la quebrada Los Cuervos en el sector norte de la Concesión Barco, cuadrángulo F – 13. Royero y Clavijo (2001), mencionan la presencia de entre 8 a 10 mantos de carbón, con espesores de entre 0.1 y 2.5 metros.

Se describen como los mejores afloramientos los caracterizados en la quebrada Tablona, vía El Zulia – Santiago, río Peralonso, sector Las Delicias y en la vía El Zulia – Sardinata, en la quebrada La Jabonosa, vereda Mirador, La Aurora y El Olvido.

En el área de estudio la Formación Los Cuervos es cartografiada en afloramientos con espesores entre 5 a 10 metros, de pendientes altas. En zonas como la vía El Zulia – Santiago y la vía hacia Termotasajero, las rocas de la Formación Los Cuervos se encuentran asociadas a problemas de deslizamientos y movimientos en masa, los afloramientos se exhiben fracturados y con presencia de diaclasas. Litológicamente Los Cuervos exhibe la presencia de arenitas de grano fino a medio bioturbadas, cuarzo arenitas, lodolitas calcáreas con presencia de concreciones, lodolitas arenosas y ocurrencia de mantos de carbón de hasta 80 cm de espesor.

1.1.1.4 FORMACIÓN MIRADOR

Sutton (1946), nombra la Formación Mirador en base al cerro Mirador situado en el anticlinal de Tarra, Zulia Venezuela; litológicamente se describe la presencia de arenisca de grano fino a grueso, color claro, limpia, masiva, con capas conglomeráticas que contienen guijos de cuarzo. Para el Territorio Colombiano Notestein et al. (1944), define la ocurrencia de esta Formación en el área correspondiente a la nombrada Concesión Barco, donde esta Unidad se describe como compuesta principalmente de areniscas cuarzosas de color blanco a gris claro de grano fino a medio, ligeramente conglomeráticas, carbonosas con algunos intraclastos de lodolitas.

Para la zona de estudio se caracterizan como los mejores afloramientos de la Formación Mirador los ubicados en los sectores; Los Compadres vía El Zulia – Santiago y en el municipio de San Cayetano.

1.1.1.5 FORMACIÓN CARBONERA

La Formación Carbonera es nombrada por Notestein et al. (1944) en el documento de la Concesión Barco, su nombre deriva de la quebrada Carbonera, tributaria del río Zulia en el flanco oriental del anticlinal La Petrolera. Litológicamente consiste de una serie espesa de arcillolitas de color gris con algunos intervalos gris verdoso y café, arenitas de color gris a gris verdoso en su mayoría de grano fino a grueso, se presenta una cantidad considerable de arenita micácea de grano muy fino, generalmente la Formación Carbonera se presenta más arcillosa que la Formación Mirador con presencia de capas de carbón en base y tope (Notestein et al. 1944).

Generalmente lo afloramientos pertenecientes a la Formación Carbonera en la zona de estudio se encuentran cubiertos y asociados a movimientos de remoción en masa. Litológicamente se describen lodolitas y arcillolitas de coloración gris intercaladas con capas de cuarzo arenita de grano fino a medio, con ocurrencia de capas de carbón de hasta 15 cm de espesor.

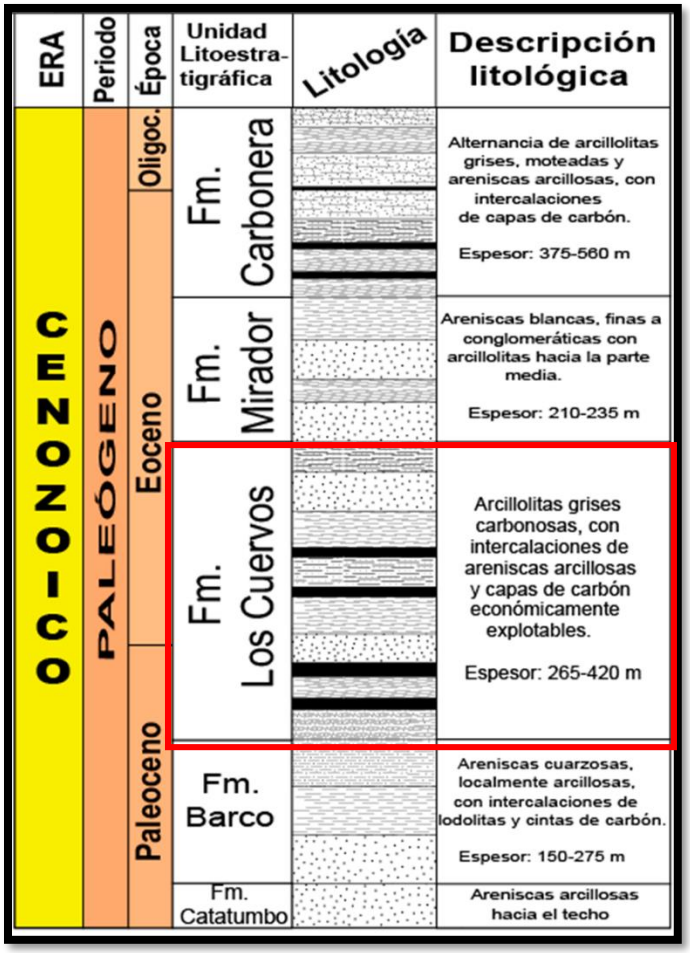

Figura 3. Columna estratigráfica generalizada de las Formaciones aflorantes en el área de estudio. El recuadro en rojo muestra la Formación en la cual se trabajan los mantos de carbón.

1.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La región del norte de Suramérica es tectónicamente compleja al estar afectada por la subducción de la Placa de Nazca y Placa del Caribe bajo la Placa de Suramérica, esta configuración genero una provincia tectónica denominado Bloque de Maracaibo (Kellogg, (1984) y Clavijo, (1994)) limitado al norte por el Sistemas de Fallas de Oca-Ancón, al sureste por el Sistema de Fallas de Boconó y al oeste por la Falla de Bucaramanga - Santa Marta (Ayala et al. (2012)). El bloque de Maracaibo está conformado por las cuencas de Catatumbo, Maracaibo, Cesar-Ranchería y por el Macizo de Santander, la Serranía de Perijá, la Sierra Nevada de Santa Marta y los Andes de Mérida.

las rocas sedimentarias del Cretácico-Paleógeno que conforman un bloque central, donde se observan fallas inversas y lineamientos con rumbo N-S y NNE; estas unidades actúan como un solo bloque de deformación junto con las rocas del Complejo Metamórfico La Contenta que es empujado hacia el E y SE ejerciendo una compresión sobre el bloque oriental conformado por las rocas Cretácicas y Paleógenas que se ve afectado por el Sistema de Fallas de Aguardiente (SFA) y el Sistema de Fallas del Zulia (SFZ), en este sector se describe también el sinclinal del Zulia conformado por rocas del Cenozoico, las fallas y lineamientos son casi paralelas con orientaciones generales N38°E. De acuerdo a los resultados de los estudios realizados se propone un modelo de deformación de escamas delgadas (Oviedo, 2015).

La zona de estudio Correspondiente al área del título minero CGJ-161 está afectado directamente por dos estructuras de Falla, una de tipo inverso con el plano de desplazamiento hacia el NW, y con lineamiento hacia el NE, la otra estructura es una falla de rumbo de desplazamiento Sinestral, de igual forma los dos bloques se orientan en sentido NW, el bloque de la izquierda con desplazamiento hacia el SE y el bloque derecho con desplazamiento hacia el NW (Figura 5).

El área del título está comprendida en el flanco occidental de la estructura denominada Sinclinal del Zulia.

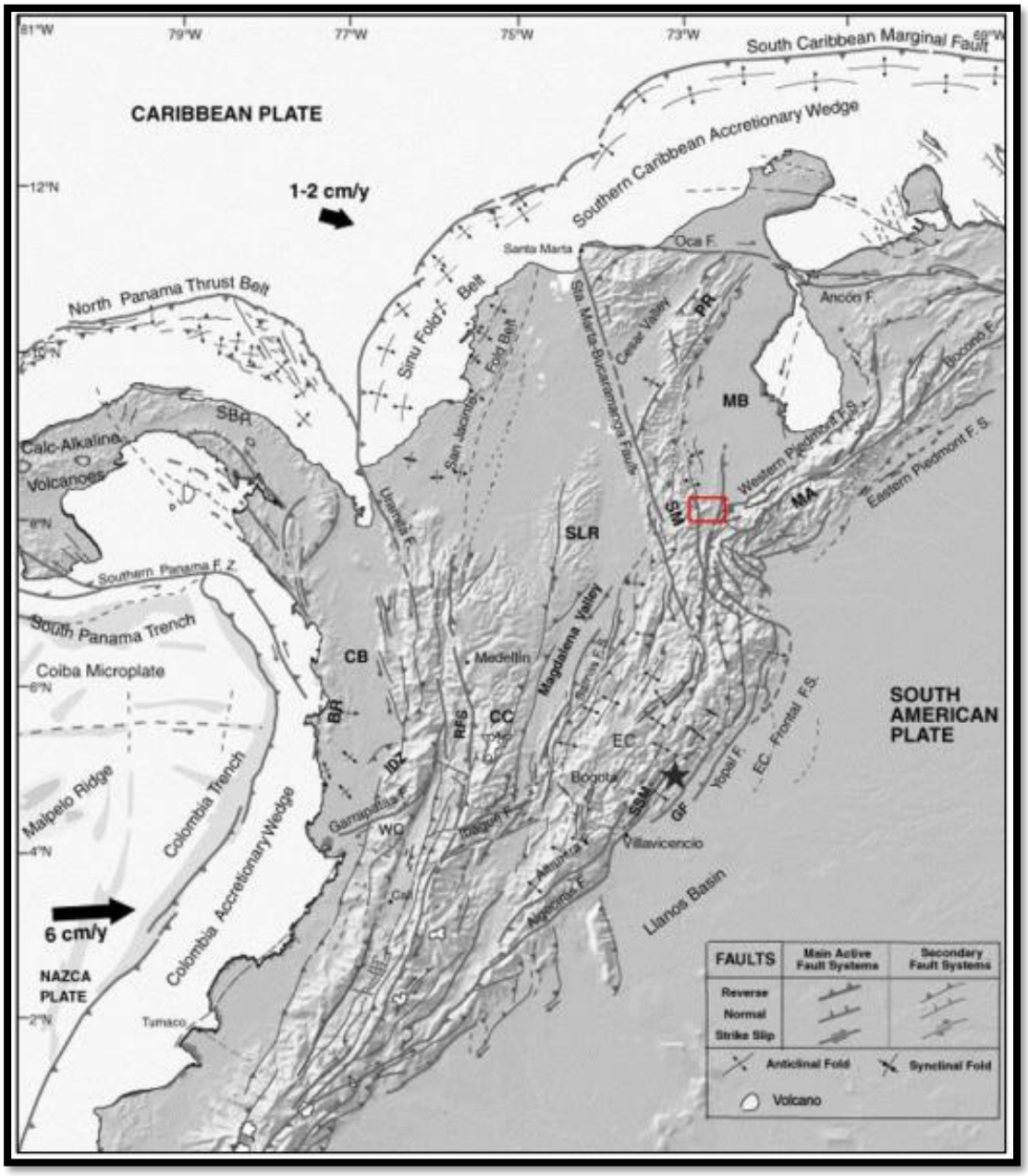

Figura 3. Ubicación de la Plancha 87 (Recuadro rojo) que es el área en donde se encuentra el título minero CGJ-161 y la conformación tectónica Norandina. BR = Serranía del Baudó, CB = Bloque Chocó, CC = Cordillera Central, EC = Cordillera Oriental, GF = Falla de Guaicaramo, MA = Andes de Mérida, MB = Bloque Maracaibo, PR = Serranía del Perijá, RFS = Sistema de Fallas de Romeral, SLR = Serranía de San Lucas, SM = Macizo de Santander, SSM = Falla de Servitá – Santamaría, WC = Cordillera Occidental. (Dimaté et al., 2003, modificado de Taboada et al., 2000).

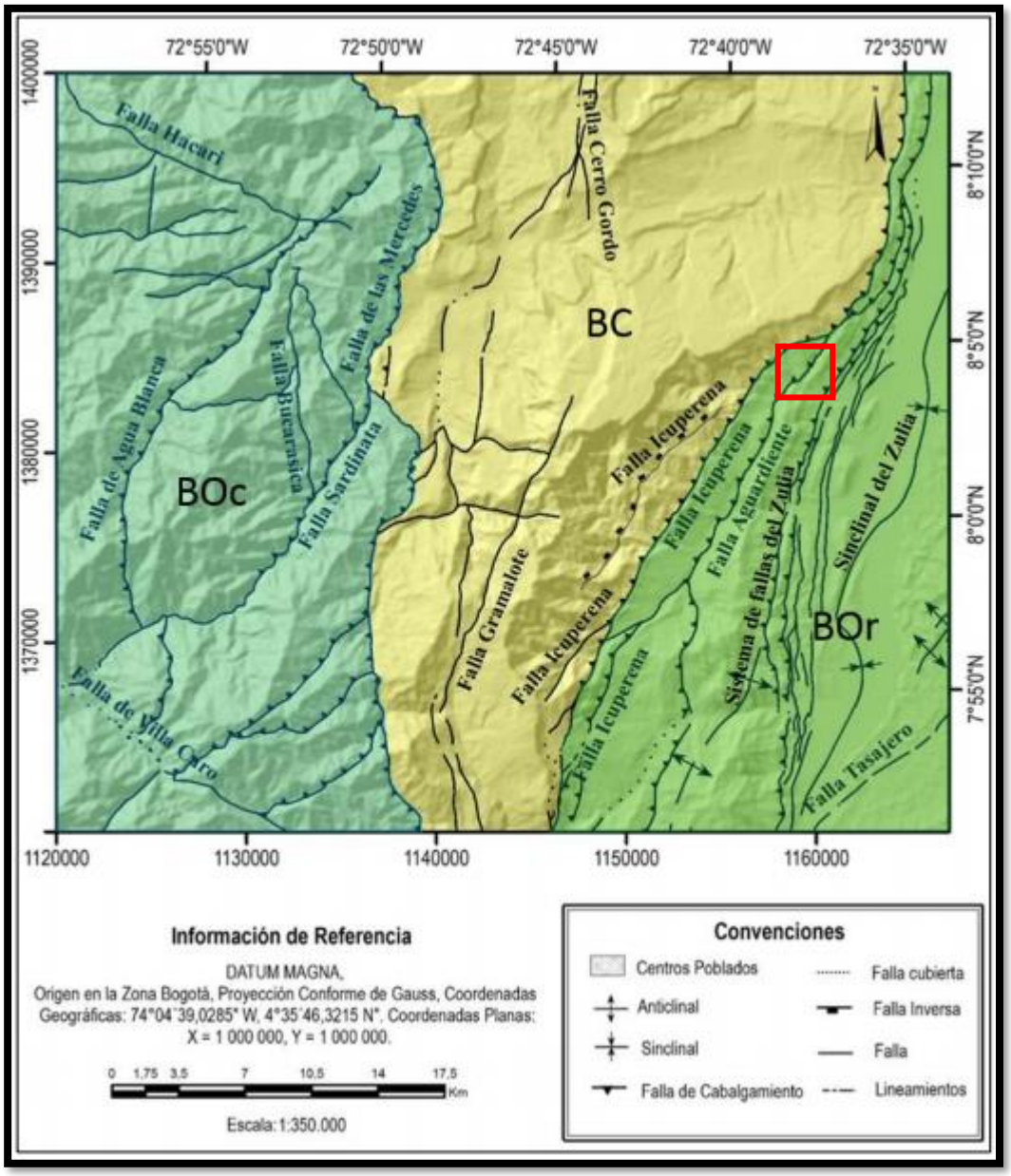

Figura 4. Mapa estructural de la Plancha 87 Sardinata, en el que se destacan las principales fallas y estructuras descritas. BOc: Bloque Occidental, BC: Bloque Central, BOr: Bloque Oriental. El recuadro en rojo señala la zona dentro de la cual se encuentra en Titulo minero CGJ-161. (Modificado de SGC, 2016).

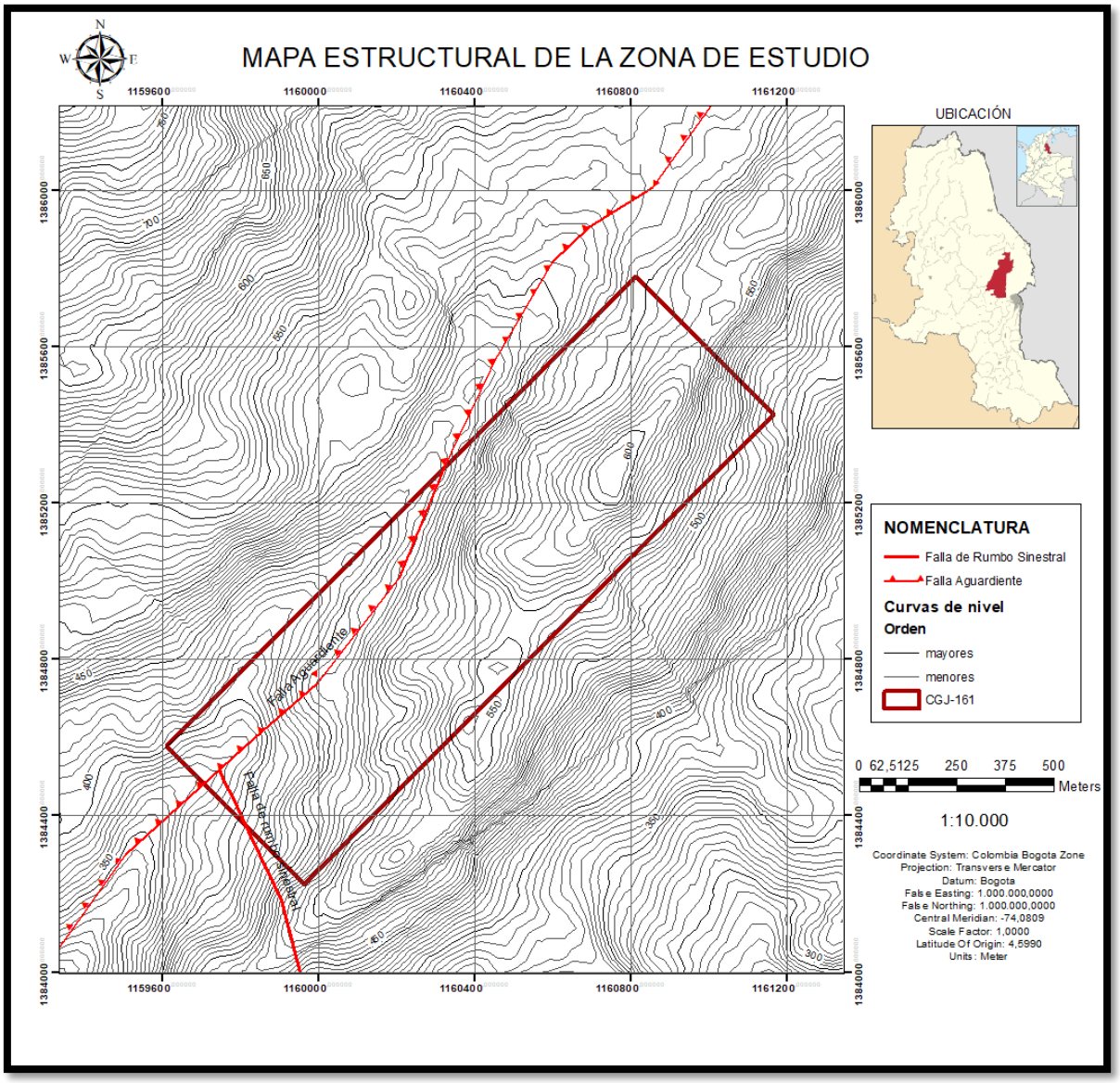

Figura 5. Principales estructuras que afectan localmente el área de estudio.

1.2.1 SINCLINAL DEL ZULIA

En el sector este de la Plancha 87, se caracteriza el Sinclinal del Zulia, una estructura asimétrica conformada por rocas Paleógenas y Neógenas. El flanco oeste de la estructura se encuentra limitado por el Sistema de Fallas del Zulia generando ángulos de buzamiento mayores a los del flanco este, el plano axial a su vez presente vergencia al este. La geometría planimetría de plano axial presenta trazo sinuoso. El río Zulia que desarrolla su dinámica fluvial sobre el Sinclinal del

Zulia en el cual se desarrollan una serie de depósitos de terraza observados principalmente en el flanco occidental de la estructura. Ochoa, A. et al. (2016).

1.2.2 SISTEMA DE FALLAS AGUARDIENTE

Al W del municipio del Zulia se observan dos sistemas de fallas con una tendencia general N38°E-S38°W, el más occidental es el SFA, que comprende la Falla de Icuperena y la Falla de Aguardiente. Ochoa, A. et al. (2016).

1.2.2.1 FALLA ICUPERENA

Se encuentra al W de la Falla Aguardiente, con un rumbo general N40°E, con 39 km se extiende desde el sector de El Caminito al sur hasta Loma Astilleros al norte donde converge con el trazo de la Falla Aguardiente. Es una falla de tipo inverso con vergencia al SE que pone en contacto rocas del Complejo Metamórfico La Contenta con rocas de la Formación Aguardiente y al sur a la Formación Aguardiente con la Formación Colon Mito Juan, además en el sector sur de afectar varias unidades del Cretácico por medio de varias fallas satélites asociadas a ella. Esta falla no intercepta el área de estudio del Título minero CGJ-161.

1.2.2.2 FALLA AGUARDIENTE

La Falla Aguardiente, una falla inversa con vergencia al SE. En el trazo se observan variaciones del rumbo con tramos N38°E, N63°E y NS. Tiene una longitud de 60 km y pone en contacto en la zona norte a las unidades cretácicas con la Formación Mirador, en la zona central a la Formación Aguardiente y la Formación Capacho con la Formación Colon-Mito Juan, En la zona sur a la Formación Los Cuervos con la Formación Colon Mito Juan y termina afectando rocas de esta última. Las Quebradas Cuperena, Las Micas y La Carbonera se observan alineadas por el recorrido de la Falla Aguardiente lo que indica un control estructural de las quebradas.

1.3 GEOLOGÍA LOCAL

El área del Titulo minero CGJ-161 se localiza sobre rocas de edades cenozoicas, específicamente del paleógeno y eoceno. Las Formaciones geológicas que se encuentran en el área de estudio son la Formación Catatumbo (Kscm), Formación Barco (Tpb), Formación Los Cuervos (Tplc), la Formación Mirador (Tem) y la Formación Carbonera (Tec), (Figura 6).

El titulo minero CGJ-161, En su mayor parte se encuentra ubicado sobre la Formación geológica denominada Los Cuervos, allí se trabajan actualmente los siguientes mantos de carbón, nombrados de base a techo (M70, M60, M55, M50 y M40), respectivamente.

Hacia la zona sur del título minero, los mantos tienen un ángulo de buzamiento de 75°-80°, esto dado por influencia de la Falla Aguardiente y la falla de rumbo que se presenta en la zona sur del título, más hacia el norte los ángulos de buzamiento tienden a disminuir a 45°-50°, siendo esta la tendencia del dato normal de la estructura denominada Sinclinal del Zulia.

El rumbo de las rocas y los mantos de carbón en este flanco del sinclinal, están orientados hacia el NE, lo que hace resaltar que el esfuerzo principal (σ1) está orientado de NW-SE.

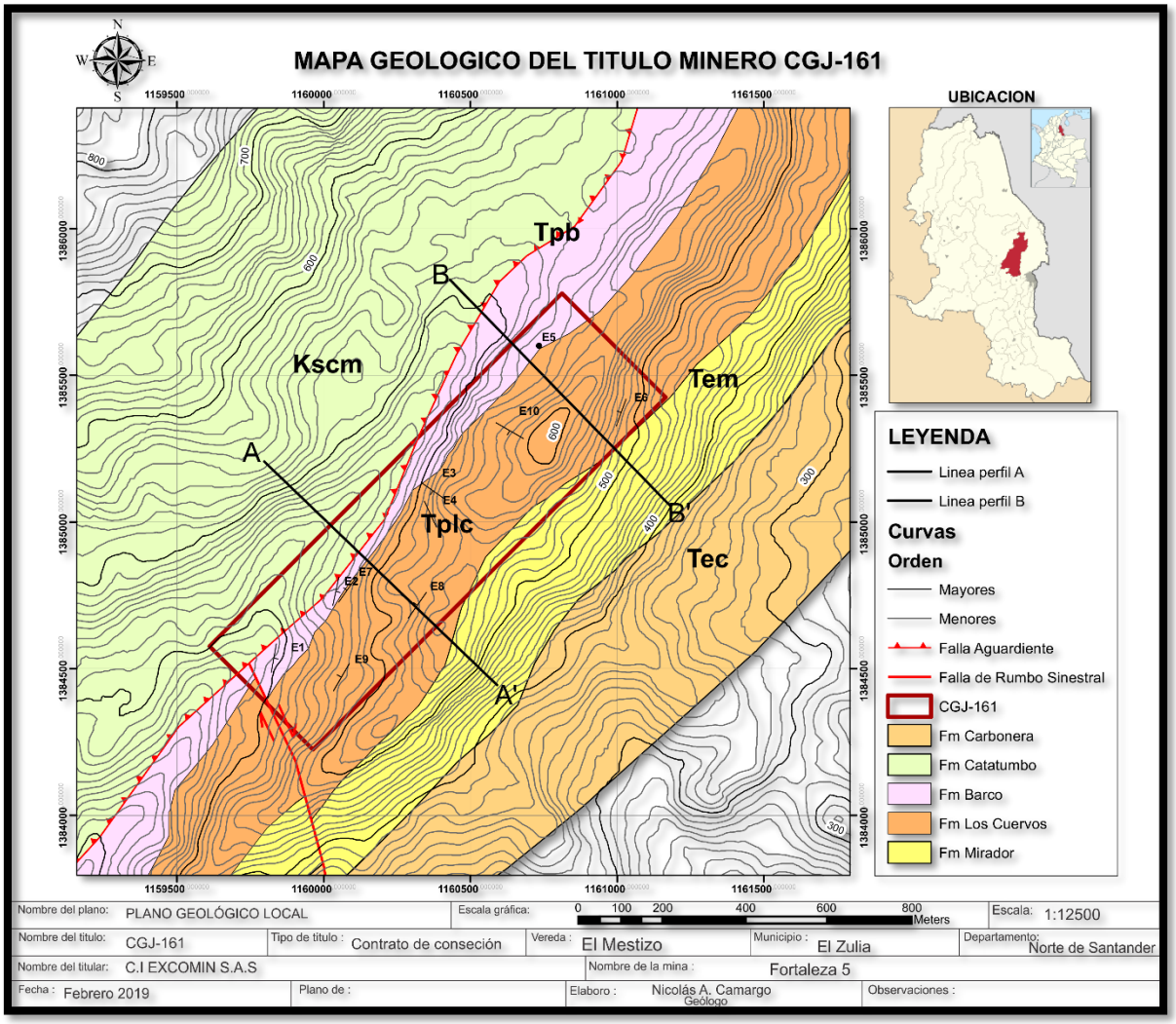

Figura 6. Mapa Geológico de la zona de estudio

1.3.1 Formacion Catatumbo (Kscm)

Ubicada al Oeste de la Falla Aguardiente y estratigraficamente infrayacente a la Formacion Barco. Compuesta comunment e por arcillolitas pizarrosas y arcillolitas grises con liticos de carbón con pequeños nodulos ferruginosos.

En la base de la Formacion, se evidencian pequeñas capas de carbon, que economicamente no son provechosos. El espesor de la formacion puede variar entre 180 m y 300 m, el mayor espesor se ha logrado evidenciar en el rio pamplonita, superando los 300 m.

El contacto inferior con la Formacion Mito Juan esta marcado por calizas verdes glauconiticas.

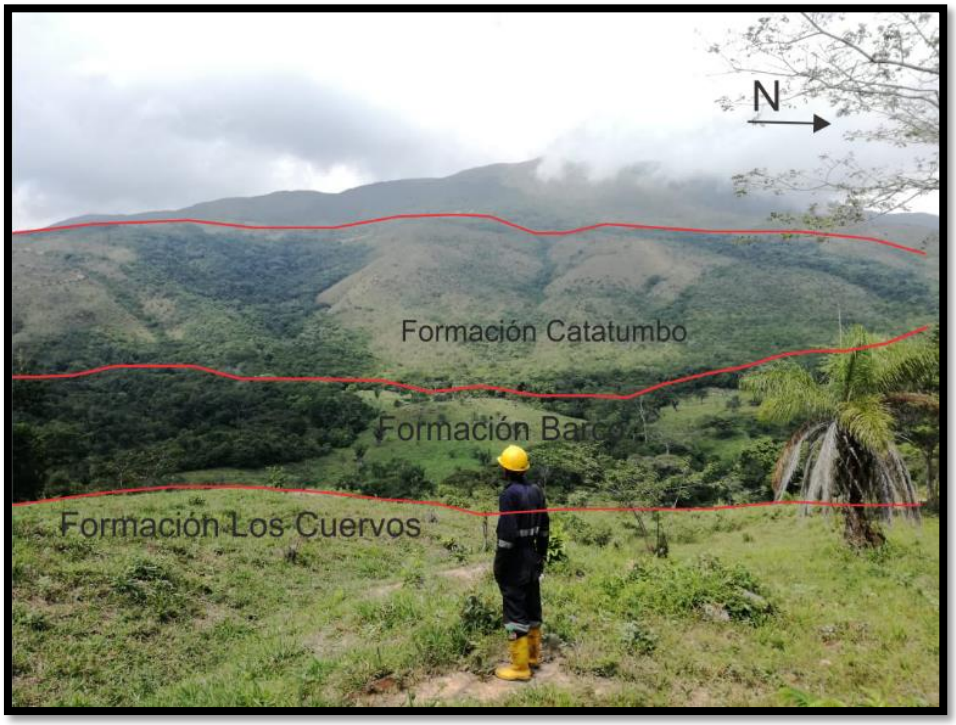

Figura 7. Panorámica tomada desde la zona norte del titulo, donde se aprecian las Formaciones Catatumbo, Barco y Los Cuervos.

1.3.2 Formación Barco (Tpb)

Compuesta principalmente por intercalaciones de areniscas y arcillolitas pizarrosas, las areniscas son generalmente de grano fino a medio de color gris, generalmente presentan laminación cruzada, las intercalaciones pueden llegas hasta 20 m. También las arcillolitas llegan a ser limolíticas, micáceas y carbonáceas, y muestran localmente abundantes nódulos de siderita. Hacia la parte posterior de la Formación se presentan uno o más mantos delgados de carbón. Las arcillolitas y arcillas

pizarrosas forman alrededor de la tercera parte del espesor total de la Formación, el cual tiene un promedio de 90 m. La edad de la Formación determinada por polen es Paleoceno Inferior.

El afloramiento de la figura 8, esta constituido por paquetes intercalados de arenisca de grano fino-medio, con limolitas y lodolitas grises, el espesor predominante de las rocas es de aproximadamente 30-50cm, presentando laminación planoparalela.

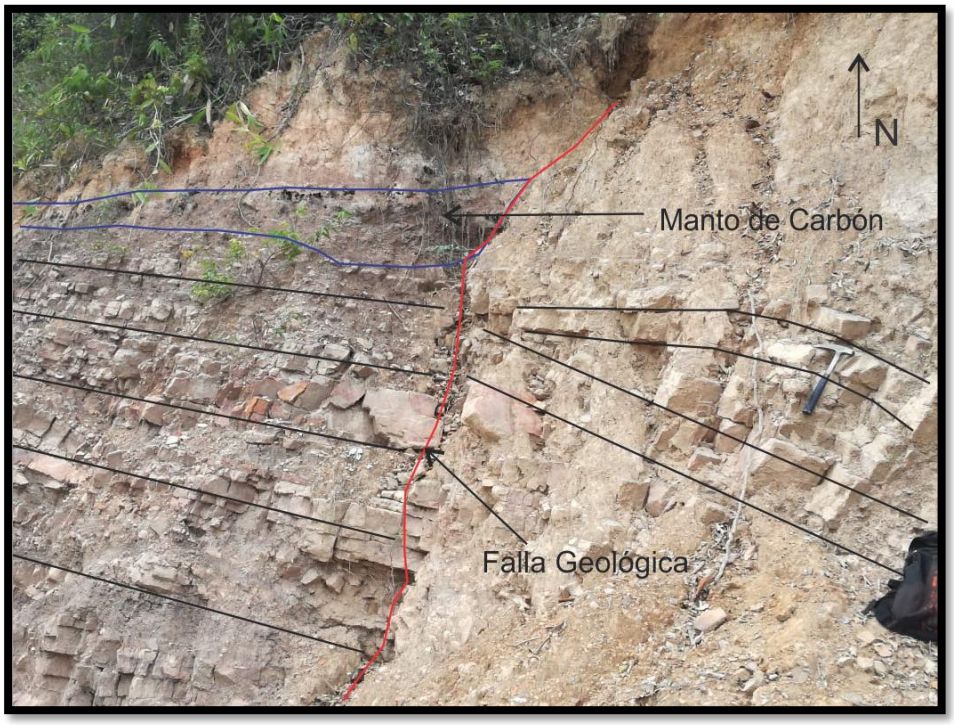

Figura 8. Afloramiento de la Formación Barco en donde se aprecia el rumbo de los estratos, en la parte superior, se bordea en azul un manto el cual aflora y se pierde al llegar a la falla (línea roja).

1.3.3 Formación Los Cuervos (Tplc)

Se caracteriza por poseer en el sector cinco (5) mantos de carbón explotados actualmente. Estos mantos de carbón se caracterizan por estar interestratificados por capas delgadas a medias de arcillolitas compactas, friables, también por limolitas y areniscas de grano fino.

El miembro inferior de la sección se caracteriza por ser arcillo limoso, mientras que el miembro intermedio se caracteriza por tener mas capas de areniscas de grano fino a medio, y el miembro superior vuelve a tomar la tendencia arcillo limoso.

En la zona de estudio, la unidad litológica los Cuervos de forma detallada está compuesta estratigráficamente de la siguiente manera:

- Hacia la base 12 metros de intercalaciones de capas gruesas de arcillolitas y capas delgadas de limolitas y areniscas de grano fino, en las cuales se encuentran interestratificadas de base a techo dos mantos de carbón (Manto 70 y Manto 60) respectivamente.

- Suprayaciendo a esta secuencia nos encontramos con 10 metros de intercalaciones de limolitas, arcillolitas y areniscas de grano fino, en donde en esta sección se encuentra el manto denominado Manto 55, el cual se encuentra dividido por una capa de arcillolita carbonosa.

- Hacia el techo 25 metros de capas de arenisca gruesa, intercaladas con capas delgadas a medias de limolitas y arcillolitas, en esta sección de base a techo se encuentran los mantos denominados Manto 50 y Manto 40 respectivamente, el cual se encuentran interestratificados por arcillolitas carbonosas.

Figura 9. Afloramiento de la Formación Los Cuervos en donde se aprecia el rumbo y buzamiento de los estratos, clasificados como areniscas de grano medio y grano fino.

Figura 10. Afloramiento de la Formación Los Cuervos en donde se aprecian capas intercaladas entre limolitas y arcillolitas.

1.3.4 Formación Mirador (Tem)

La Formación Mirador es caracterizada en la zona de estudio en afloramientos de pendientes pronunciadas, sectorialmente formado escarpes. Se identifican afloramientos con espesores que llegan alrededor de 150-200 metros de alto. Litológicamente la Formación Mirador exhibe cuarzo arenitas de grano fino a medio, dispuestas en capas tabulares con presencia de niveles conglomeráticos.

Las rocas que conforman la Formación Mirador son material fuente para la formación de Depósitos de Coluvión.

La Formación Mirador se compone de capas gruesas de hasta 55 cm, tabulares de arenita de grano fino a medio bien cementadas, con presencia de fuerte fracturamiento y presencia de harina de falla. Composicionalmente, cuarzo hialino

en un 95% y de líticos, granos subredondeados con mala selección. Para este sector los afloramientos se encuentran bajo la influencia estructural del Sistema de Fallas de El Zulia.

Figura 11. Afloramiento de la Formación Mirador en donde se aprecian capas de cuarzo arenisca, con presencia de cuarzo hialino.

1.3.5 Formación Carbonera (Tec)

Generalmente lo afloramientos pertenecientes a la Formación Carbonera en la zona de estudio se encuentran cubiertos y asociados a movimientos de remoción en masa. Litológicamente se describen lodolitas y arcillolitas de coloración gris intercaladas con capas de cuarzo arenita de grano fino a medio, con ocurrencia de capas de carbón de hasta 15 cm de espesor.

Litológicamente consiste de una serie espesa de arcillolitas de color gris con algunos intervalos gris verdoso y café, arenitas de color gris a gris verdoso en su mayoría de grano fino a grueso, se presenta una cantidad considerable de arenita micácea de grano muy fino, generalmente la Formación Carbonera se presenta más

arcillosa que la Formación Mirador con presencia de capas de carbón en base y tope (Notestein et al. 1944).

1.4 DESCRIPCION DE LOS MANTOS DE CARBON

En el área correspondiente al contrato CGJ-161 actualmente se encuentran cantidades económicamente explotables de cinco mantos de carbón (Mantos 70, 60, 55, 50 y 40), esto debido a sus espesores considerables (entre 0,7-1,8 m) y la calidad del carbón.

1.4.1 MANTO 70

El manto 70 tiene un espesor de 3.09 m, en los cuales 0.9 m corresponde a una interestratificación de una arenisca amarilla de grano fino, donde el restante de los 3 metros corresponde a solo carbón.

El respaldo inferior es constituido por una capa de arcillolita gris, friable, con fragmentos de carbón, suprayacido de una capa delgada de limolita carbonosa de tonalidad gris, seguido de una capa delgada de arenisca de grano medio.

1.4.2 MANTO 60

El manto 60 tiene un espesor de 3,20 metros, en donde 0.9 metros es constituido por una interestratificación de lutitta negra carbonosa y una arenisca de grano medio, siendo el espesor restante de solo carbón 2.3 metros.

El respaldo inferior constituido por una capa de arenisca de grano fino, infrayacida por una capa delgada de limolita negra carbonosa, suprayacida por una capa media de limolita con fragmentos de carbón.

1.4.3 MANTO 55

El manto 55 tiene un espesor de 2.50 metros, en donde 0.9 metros hace parte de una interestratificación de arcillolita carbonosa, siendo el restante 1.40 metros de solo carbón.

El respaldo inferior constituido por una arcillolita gris compacta con fragmentos de carbón y azufre, suprayacida por una lodolita carbonosa con presencia de azufre, seguida de una arenisca de grano fino gris con laminación planoparalela.

1.4.4 MANTO 50

El manto 50 tiene un espesor de 1.45 metros, en donde 0.65 metros son constituidos por una interestratificación de arcillolita gris carbonosa, siendo el espesor total del carbón de 0.80 metros.

El respaldo inferior constituido por una arenisca de grano fino gris, con azufre y fragmentos de carbón, suprayacido por una limolita gris clara con presencia de azufre y fragmentos de carbón.

1.4.5 MANTO 40

El manto 40 tiene un espesor de 3.90 metros, en donde 2 metros son constituidos por una interestratificación de arcillolita carbonosa, siendo el espesor total de carbón de 1.90 metros.

El respaldo inferior constituido por una capa delgada de limolita gris compacta con fragmentos de carbón, infrayacida por una capa media de arcillolita, suprayaciendo el manto por una capa delgada de arenisca de grano fino, seguida de una capa delgada de limolita gris.

1.5 COLUMNA ESTRATIGRAFICA

Con el fin de ilustrar mejor la secuencia estratigráfica, se hizo un levantamiento de la columna estratigráfica de la zona de estudio, incluyendo los mantos de carbón económicamente rentables y trabajados actualmente (Figura 12).

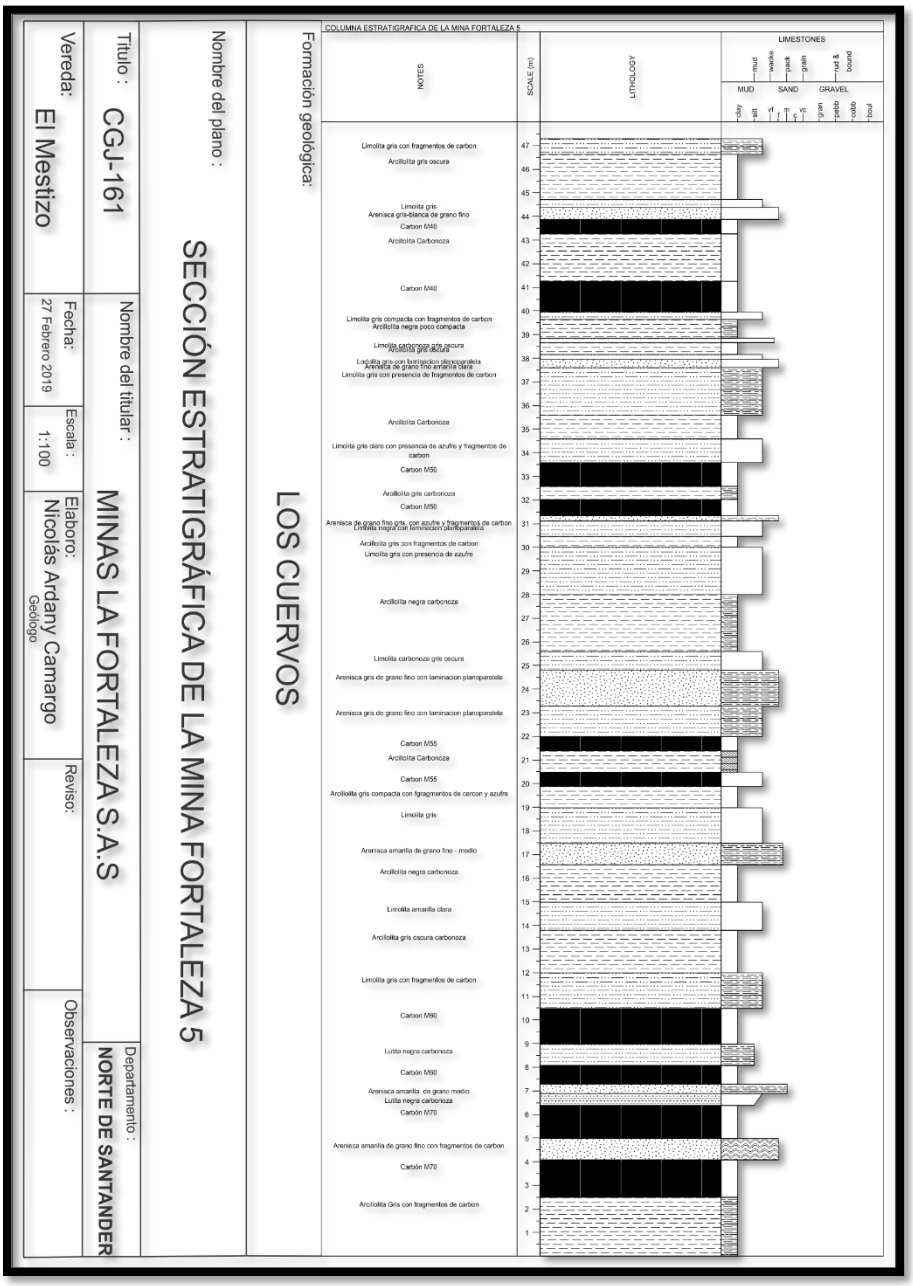

Figura 12. Columna estratigráfica de la sección levantada en la mina Fortaleza 5, Formación Los Cuervos.

1.6 GEOLOGÍA ECONÓMICA

A menudo se tiende a confundir los términos recursos y reservas a la hora de determinar la cantidad de material aprovechable contenido en la corteza terrestre. En cuanto al carbón se entiende como “recursos” únicamente a los volúmenes de carbón; y se define como “reservas básicas” aquellos volúmenes de carbón que son potencialmente aprovechables.

Para la evaluación económica del yacimiento se definió con exactitud la línea de afloramiento de los mantos, partiendo de un mapa de contornos estructurales del tomando como referencia el techo del manto, mostrando los controles en el subsuelo y superficie donde estos fueron identificados, teniendo en cuenta frentes de explotación, bocaminas o puntos de afloramiento.

1.6.1 RESERVAS MINERALES

Se denomina reserva mineral la porción de recursos minerales que desde el punto de vista económico puede ser aprovechado en base a la confianza que brinda el conocimiento técnico y de calidad del depósito. Las reservas se encuentran subdivididas en base a la certeza que brindan los datos de interpretación geológica y se clasifican como medidas, indicadas, inferidas (Figura 13) (CRIRSCO, 2013). La elección de la categoría en la cual se encuentra el recurso mineral debe ser definida en base a la cantidad y calidad de los datos geológicos de los cuales se dispongan.

1.6.1.1 RESERVAS MEDIDAS: Las reservas minerales medidas son aquellas para las cuales la cantidad, el grado, la calidad, densidad y forma son estimados con un alto grado de confianza sobre los cuales se puede soportar un detallado planeamiento minero y finalmente una evaluación económica sobre la viabilidad del proyecto. La información geológica en la cual se soporta esta categoría debe ser producto de una exploración detallada y de confianza, el muestreo y el análisis deben ser suficientes para confirmar la continuidad y calidad del recurso entre los puntos de observación. La normativa vigente en para estimar el cálculo de reservas en Colombia define que las reservas medidas deben ser calculadas desde el punto de medición más cercano del mineral hasta un radio de 250 m (INGEOMINAS, 2010).

1.6.1.2 RESERVAS INDICADAS: Las reservas minerales indicadas son aquellas para las cuales la cantidad, el grado, la calidad, densidad y forma son estimados con un alto grado de confianza sobre los cuales se puede soportar un detallado planeamiento minero.

La información geológica en la cual se soporta esta categoría debe ser producto de una exploración detallada y de confianza, el muestreo y el análisis deben ser

suficientes para confirmar la continuidad y calidad del recurso entre los puntos de observación. Sin embargo, las reservas indicadas tienen un grado de confianza más bajo que las reservas medidas, por lo cual el aumento en la certeza de los datos geológicos solo la podría hacerla elevar al rango de reservas probables.

Los puntos de control distan de entre 500 y 1500 m el uno del otro lo que equivale a un rango de circunferencia de 500 m comprendidos entre los 250 y los 750 m (INGEOMINAS, 2010).

1.6.1.3 RESERVAS INFERIDAS: Las reservas minerales inferidas tienen un más bajo nivel de confianza soportada en datos geológicos que las reservas indicadas, sin embargo, las reservas inferidas no pueden ser degradadas al rango de recurso mineral, pero los procesos de exploración continuos y la certeza de mayores análisis y muestreos pueden hacerlas llegar al nivel de reservas indicadas.

La categoría inferida debe ser asumida como aquella donde ha finalizado el límite de la exploración y la concentración mineral u ocurrencia ha sido estimada pero los datos son insuficientes para establecer con certeza la continuidad del mineral. Comúnmente se asume la posibilidad de ascender las reservas inferidas a reservas indicadas, pero no se puede asumir que esto ocurrirá en todos los casos.

Los puntos de información distan entre 1.500 y 4.500 m el uno del otro, lo que equivale a un rango de circunferencia de 1500 m comprendidos entre los 750 y los 2.250 m.

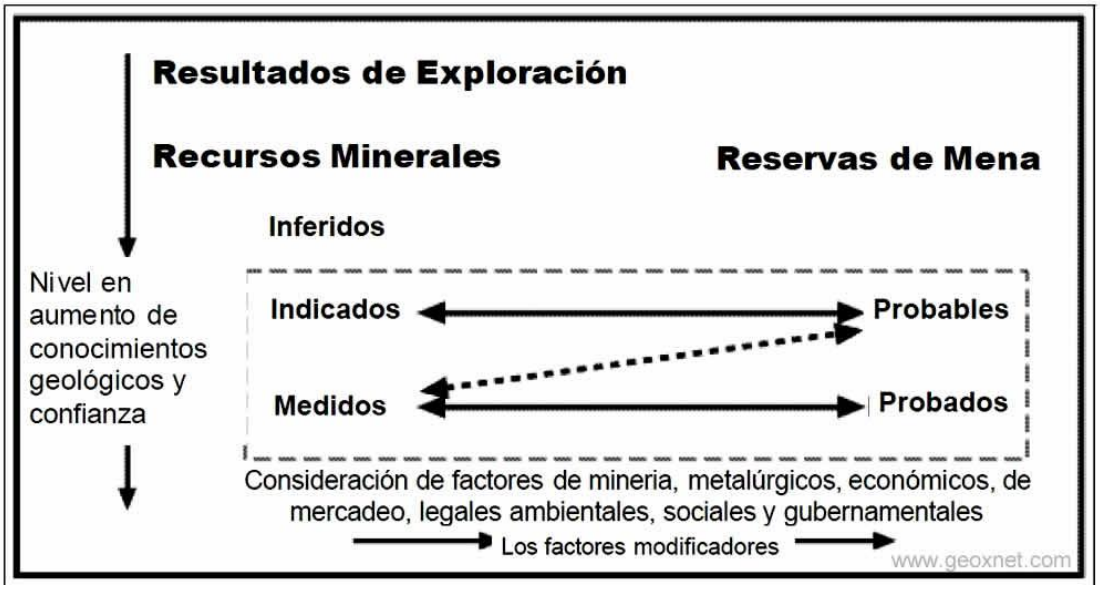

Figura 13. Relación entre recursos y reservas minerales, tomada de (CRIRSCO, 2013).

La fórmula para calcular el valor de toneladas correspondiente con las reservas del depósito ha sido establecida por el Ministerio de Minas y Energía, (2013) y aplica para yacimientos en forma de mantos tales como carbón y caliza entre otros. La ecuación es la siguiente:

$$T = \frac{a * e * \rho}{\cos \varphi}$$

Donde:

T: Toneladas de carbón.

a: Área (m^2).

e: Espesor del manto de carbón (m).

ρ: Densidad del carbón 1,2 ton/m^3.

φ: Angulo de buzamiento manto de carbón.

1.6.2 CÁLCULO DE RESERVAS: MINA FORTALEZA 5

Para realizar el cálculo de reservas del área del contrato CGJ-161 se tuvieron en cuenta las consideraciones geológicas que exhiben los mantos que se encuentran en etapa de explotación y etapa de exploración. Para tal evaluación se tomaron los Mantos 40,50,55,60 y 70.

Para el cálculo de reservas tenemos como base los datos estructurales registrados en las labores actuales, referenciadas por la topografía actual del área; además los datos tomados y el muestreo realizado en los afloramientos presentes. El ángulo de inclinación es variable a través de toda el área de contrato donde fue necesario promediar en algunos casos este valor con el fin de adecuarlo en el método utilizado para la estimación de reservas básicas.

Manto	Cos (&)	Área inclinada	Densidad (Ton/m3)	Espesor (m)	Categoría
40	0.087	357.449	1	1.90	Medidas
40	0.6427	401.328	1	1.90	Indicadas

Figura 14. Reservas Medidas e indicadas del Manto 40 en Fortaleza 5.

Manto	Cos (&)	Área inclinada	Densidad (Ton/m3)	Espesor (m)	Categoría
50	0.087	451.070	1	1.10	Medidas
50	0.6427	338.410	1	1.10	Indicadas

Figura 15. Reservas Medidas e indicadas del Manto 50 en Fortaleza 5.

Manto	Cos (&)	Área inclinada	Densidad (Ton/m3)	Espesor (m)	Categoría
55	0.087	436.999	1	2.20	Medidas
55	0.6427	419.682	1	2.20	Indicadas

Figura 16. Reservas Medidas e indicadas del Manto 55 en Fortaleza 5.

Manto	Cos (&)	Área inclinada	Densidad (Ton/m3)	Espesor (m)	Categoría
60	0.087	416.417	1	2.10	Medidas
60	0.6427	373.620	1	2.10	Indicadas

Figura 17. Reservas Medidas e indicadas del Manto 60 en Fortaleza 5.

Manto	Cos (&)	Área inclinada	Densidad (Ton/m3)	Espesor (m)	Categoría
70	0.087	395.359	1	2	Medidas
70	0.6427	381.676	1	2	Indicadas

Figura 18. Reservas Medidas e indicadas del Manto 70 en Fortaleza 5.

1.6.1.2 RESERVAS TOTALES

MANTO 40	RESERVAS TOTALES
Reservas Medidas	679.153 Ton
Reservas Indicadas	762.523 Ton

Reservas Totales (Medidas + Indicadas)	1.441.676 Ton

MANTO 50	RESERVAS TOTALES
Reservas Medidas	496.177 Ton
Reservas Indicadas	372.251 Ton

Reservas Totales (Medidas + Indicadas)	868.428 Ton

MANTO 55	RESERVAS TOTALES
Reservas Medidas	961.397 Ton
Reservas Indicadas	923.300 Ton

Reservas Totales (Medidas + Indicadas)	1.884.697 Ton

MANTO 60	RESERVAS TOTALES
Reservas Medidas	874.475 Ton
Reservas Indicadas	784.602 Ton

Reservas Totales (Medidas + Indicadas)	1.659.007 Ton

MANTO 70	RESERVAS TOTALES
Reservas Medidas	790.718 Ton
Reservas Indicadas	763.352 Ton

Reservas Totales (Medidas + Indicadas)	1.554.070 Ton

Reservas Totales (M40, M50, M55, M60, M70) Medidas	3.801.920 Ton

Reservas Totales (M40, M50, M55, M60, M70) Indicados	3.605.958 Ton

Reservas Totales (M40, M50, M55, M60, M70) Medidas +indicadas	7.407.878 Ton

Cabe resaltar que hay escenarios propios de algunos mantos de la zona los cuales no permiten cuantificar exactamente la reserva, el manto 50 tiene por característica en la zona tender a adelgazarse hasta llegar a perderse, debido a el ambiente y condición de depositacion. También se tuvo en cuenta los trabajos antiguos realizados junto con los propios.